

**PROPOSITION D'AMELIORATION DE
L'EFFICACITE ENERGETIQUE DE
L'ECLAIRAGE PUBLIC DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU, REMPLACEMENT DES
LAMPES SHP PAR DES LED SPECIALES
BBE**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION D'UNE LICENCE PROFESSIONNELLE
EN GESTION ET MAINTENANCE DES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES
ET ENERGETIQUES**

Présentée et soutenue publiquement le 26 Octobre 2011 par :

Nadège Ella BASSOLE

Travaux dirigés par : MR Yézouma COULIBALY

Titre : Professeur 2IE

Promotion [2010/2011]



ZiE
Fondation ZiE

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

CITATIONS

<<Le vrai bonheur ne dépend d'aucun être, d'aucun objet extérieur. Il ne dépend que de nous...>>

Dalai-Lama – citation

Remerciements

Mes remerciements vont à l'endroit :

- De Mr le Directeur Général de Landi Technologies
M. BANHORO Dieu-donné pour m'avoir accepté comme stagiaire ainsi que pour son suivi tout au long de ce stage
- De son personnel pour l'accueil et la disponibilité
- De mon professeur de l'institut 2IE **M.COULIBALY Yezouma** pour avoir accepté d'être mon tuteur de stage et pour son suivi tout au long de mon stage
- Du corps professoral de l'institut 2IE pour la formation riche qu'ils nous ont dispensée.
- De notre tutrice **Madame OUEDRAOGO Sylvie** pour sa présence et sa disponibilité tout au long de cette année académique.
- De **M. KARAMBIRI Stanislas** Chef de division EP / cartographie de la SONABEL

DEDICACE

Je dédie ce rapport à l'Eternel mon Dieu dont l'esprit a affirmé à mon esprit que je suis son enfant (Ro 8 ,16)

A mes parents Joseph et Marie BASSOLE, ceux à qui je dois tout. Je leur dis infiniment Merci

A mes sœurs Prisca, Audrey, Michèle pour leur soutien

A mes tantes Alphonsine Bassole et Helene Bationo pour leurs nombreux conseils

A la première promotion de L3GM2IE FOAD 2010-2011

Avant-propos

L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) est l'une des grandes écoles d'ingénierie d'Afrique. Elle a pour mission de former des Techniciens et des Ingénieurs compétents dans le domaine du Génie Civil, de l'Eau et de l'Environnement, de l'Énergie.

Dans le cadre de son programme académique un stage de 3 mois ainsi qu'un rapport de stage de fin d'étude doit être réalisé soit en Entreprise, soit en laboratoire ou encore dans tout autre organisme afin d'allier la pratique à la théorie.

C'est dans cette optique que la société LANDI TECHNOLOGIES nous a confié une étude dont le thème est : « Proposition d'amélioration de l'efficacité énergétique de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou, remplacement des lampes à vapeur de sodium par des LED spéciale BBE ».

Ce rapport fait donc état de complément de notre formation en Licence professionnelle de gestion et maintenance des installations industrielles et énergétique L3GM2IE.

Résumé

Ce mémoire a pour objectif d'améliorer l'efficacité énergétique de la ville de Ouagadougou en remplaçant les lampes SHP par des LED spéciales BBE.

Pour sa réalisation, nous avons dans un premier temps circonscrit notre étude expérimentale à l'avenue Charles de Gaulles de la ville de Ouagadougou puis nous l'avons étendue à toute la ville.

L'analyse des résultats montre que l'utilisation des LED spéciales BBE dans le réseau d'éclairage public permet la réalisation effective d'économie énergétique et financière tout en améliorant l'efficacité énergétique.

Selon nos prévisions, pour la réfection totale du parc d'éclairage de la ville de Ouagadougou, avec un investissement de **3 793 466 446 FCFA**, on pourra générer une économie de **13307,616 KWh/ jr** soit un gain financier de **592 588 140,5 FCFA/an**.

Pour une durée de vie de **11ans pour les LED spéciale BBE** le temps d'**amortissement** est de **6 ans 4mois, avec une maintenance légère**.

De ce fait, Nous pouvons aujourd'hui affirmer que les LED spéciales BBE constituent la solution idéale pour un éclairage optimale.

Mots clés : Eclairage public, Efficacité Energétique, Amélioration ; Foyers lumineux ; Economie d'énergie

ABSTRACT

This thesis aims at improving the energy efficiency of Ouagadougou's city by replacing the SHP lamps with LED's, special BBE one's.

To do this, we initially limited our experimental study on the Avenue "Charles de Gaulle" of the city of Ouagadougou and then, we have expanded it to the entire city.

Analysis of the results shows that the use of LED lamps, special BBE, in the street lighting network enables the effective implementation of financial and energy saving, while improving energy efficiency.

According to our budget estimates, for the total renovation of Ouagadougou's city park lighting, with an investment of **3,793,466,446 CFA** francs a saving of **13307.616 KWh** a day will be realized and it accounts for a financial gain of **592,588,140.5 CFA** francs by year.

For a lifetime of 11 years for LED lamps special BBE, payback time is 6 years and 4 months, with a light maintenance.

Therefore, we may deduct that the LED lamps, special BBE one's are the right way for an optimal street lighting.

Keywords: Street lighting, Energy efficiency, Improvement, Light sources, Energy saving.

Liste des abréviations

SONABEL	Société Nationale Burkinabé d'électricité
BBE	Society Shenzhen Bang-Bell Electronics co. ltd
Lampe SHP	Lampe à vapeur de Sodium Haute Pression
Lampe HPL	Lampe à vapeur de mercure
LED ou DEL	Light Emitting Diode ou Diode Electroluminescence
EP	Eclairage Public
W	Watt unité de mesure de Puissance
Pt	Puissance totale absorbée
KWH	Kilo wattheure unité de mesure de l'énergie
Fcfa	Francs CFA monnaie des pays de l'Afrique de l'ouest
E	Energie absorbée
ΔE	Economie d'énergie
Eshp	Energie consommée par les lampes SHP
Eled	Energie consommée par les LED

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
1 Présentation de la structure d'accueil.....	2
PREMIERE PARTIE : GENERALITES.....	5
1. Historique de l'EP.....	6
2. Définitions.....	6
3. Grandeurs et unités de l'éclairage.....	14
4. Caractéristiques et rôle de l'éclairage.....	15
5. Présentation de l'éclairage Public de la ville de Ouagadougou.....	16
DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE.....	22
1. Objectif de l'étude.....	24
METHODOLOGIE.....	25
1. Cadre de l'étude.....	26
2. Matériel et méthode.....	26
3. présentation de la société BBE.....	27
4. Foyers d'éclairage	27
5. Fonctionnement des lampes SHP.....	29
6. Avantage des LED	31
7. Implantation des luminaires.....	33
8. Principe de fonctionnement de l'EP de Ouagadougou.....	37
9. Maintenance de l'EP.....	38
RESULTAT ET ANALYSE	40
1. Détermination du coût énergétique actuelle de l'avenue.....	41
2. Détermination du coût énergétique avec LED.....	43
3. Energie consommée par les LED.....	45

4. Economie réalisée.....	45
5. Etude économique de la ville.....	47
CONCLUSION.....	52
RECOMMANDATION/ SUGGESTION.....	54
REFERENCE.....	55
ANNEXE.....	56

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau I :** Inventaire 2007 des lampes de l'EP de Ouagadougou
- Tableau II :** Inventaire 2009 des lampes de l'EP de Ouagadougou
- Tableau III :** Comparaison des caractéristiques lampes SHP et LED spéciale BBE
- Tableau IV :** Comparatif caractéristique foyers lumineux SHP 400W et foyers lumineux à LED BBE 168W
- Tableau V :** Récapitulatif des énergies consommées sur l'avenue Charles de gaulles
- Tableau VI :** Conversion lampe HLP à SHP
- Tableau VII :** Parc de l'EP de Ouagadougou avec uniquement lampes SHP
- Tableau VIII:** Parc de l'EP de Ouagadougou avec uniquement LED BBE
- Tableau IX :** Coût LED BBE



LISTE DES FIGURES

- Figure 1 :** Processus d'économie d'énergie
- Figure 2 :** Eclairage de l'avenue Charles de gaulles
- Figure 3 :** Lampe SHP
- Figure 4 :** Spectre d'émission d'une lampe SHP 250
- Figure 5 :** LED
- Figure 6 :** Inventaire foyers lumineux 2007
- Figure 7 :** Inventaire foyers lumineux 2009
- Figure 8 :** Un luminaire
- Figure 9 :** Un luminaire à lampe de sodium
- Figure 10 :** Un luminaire à LED
- Figure 11 :** Mode d'implantation des luminaires sur Charles de Gaulles
- Figure 12 :** LED street light, LU6

INTRODUCTION

Les multiples crises d'énergie rencontrées depuis 1973 dans le monde ont fait naître un nouveau concept jamais perçu dans l'attitude du consommateur, celle de « l'économie d'énergie ». [1]

Le Burkina Faso, pays émergent n'est pas en reste de cette crise énergétique que l'on pourrait attribuer à une faible production d'électricité et un manque de ressources énergétiques. Les efforts consentis par la société en charge de la production d'énergie afin de satisfaire sa clientèle reste vains. La demande en énergie ne fait que croître face à l'industrialisation constante des entreprises, à la croissance des points de connexion des ménages et à l'alimentation du réseau de l'éclairage public. A défaut de pouvoir fournir l'énergie demandée, il devient absolument nécessaire de s'orienter vers des solutions peu gourmandes en matière de consommation d'énergie.

L'amélioration de l'efficacité énergétique de notre réseau d'éclairage public constitue un grand pas vers une solution d'économie d'énergie.

Pour sa réalisation, le recours aux nouvelles technologies est plébiscité et les solutions diverses, que ce soit pour réduire la consommation, le coût de maintenance ou pour optimiser l'utilisation.

C'est dans cette optique que la société LANDI TECHNOLOGIES nous a confié une étude afin de faire une proposition d'amélioration de l'efficacité énergétique de l'éclairage public en remplaçant les lampes SHP par des LED spéciales BBE . Cette proposition sera présentée ensuite à la société en charge de la gestion de l'éclairage public de notre pays comme une solution d'économie d'énergie.

Le cadre choisi est la ville de Ouagadougou. Le réseau d'éclairage public de la ville de Ouagadougou représente une part importante de notre énergie en terme de consommation alors qu'il est possible de mieux éclairer en économisant. Notre étude s'intéressera à l'économie que l'on pourrait faire sur le réseau de l'éclairage public de l'avenue Charles de Gaulles de la cité Zogona en substituant les lampes actuelles par des LED spéciales BBE. Ensuite nous pourrions l'appliquer à un quartier ou à toute la ville de Ouagadougou.

1. Présentation de la structure d'accueil

1.1 Historique

C'est à l'initiative de Monsieur Dieu-donné BANHORO, ancien représentant de SIEMENS au Burkina, qu'est née LANDI TECHNOLOGIES en Avril 2008 à Ouagadougou au Burkina Faso.

Cette société a pour objectifs de répondre aux besoins des industries et sociétés en leur proposant des services dans le domaine de l'automatisme et l'électricité industrielle. Société à responsabilité limitée (SARL), au capital de 1 million, elle a pour devise : « La solution complète pour l'entreprise ».

Voici quelques dates importantes dans la vie de cette société :

- Janvier 2009 : Renforcement du staff avec un personnel qualifié dans le but d'octroyer un service adapté au besoin réel des industries.
- Juin 2009 : Pour des raisons d'agrandissement, Landi Technologies déménage du centre-ville d'Ouagadougou où se trouvait son siège vers un quartier périphérique les 1200 logements.



- Septembre 2009 : Renforcement de son parc d'équipements avec des outils de dernière génération et du matériel de pointe.
- Septembre 2009 : formation de ses techniciens.
- Novembre 2009 : Lancement de nouveaux produits pour les industries et sociétés désirant évoluer vers une gestion automatisée et informatisée de leurs équipements.
- Janvier 2011 : début d'un partenariat avec la société chinoise BBE qui évolue dans le domaine de l'éclairage public par LED.

1.2 Domaine d'intervention

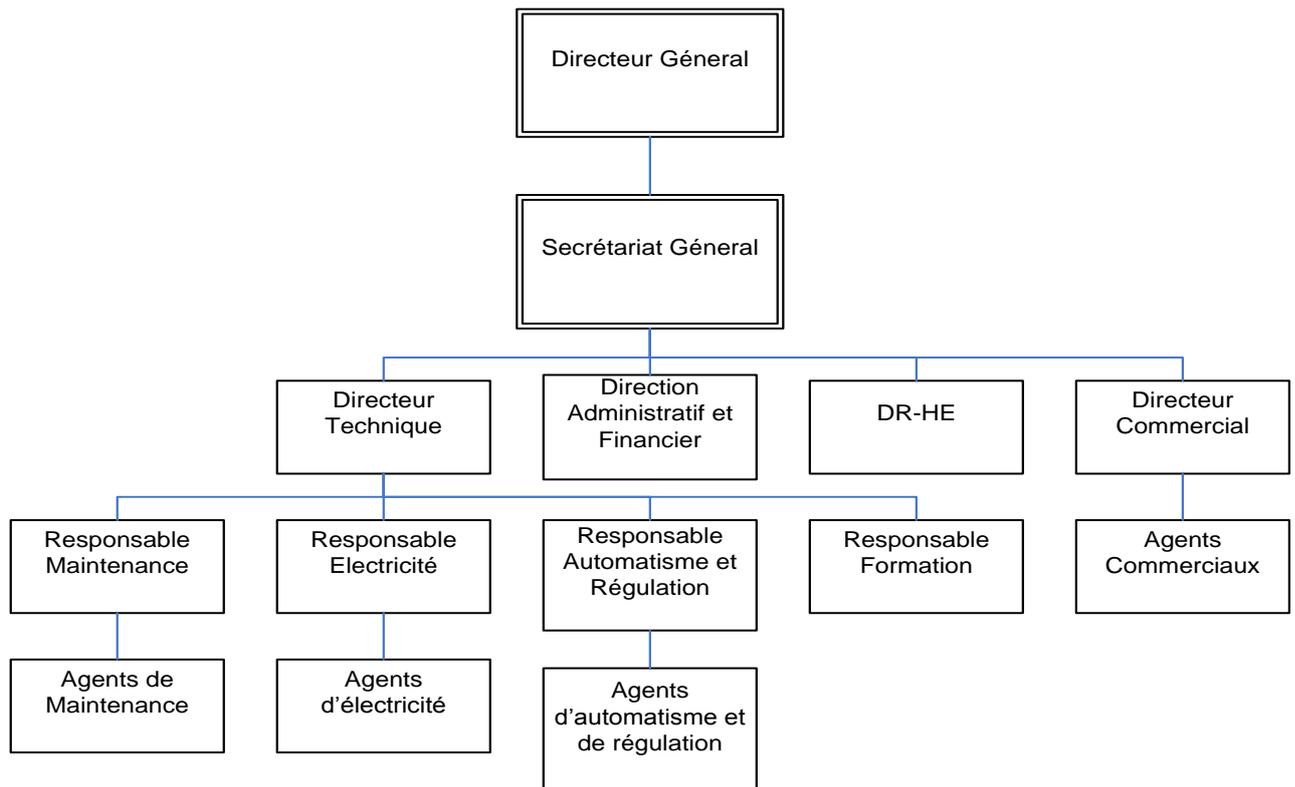
La société Landi Technologies intervient principalement dans 2 domaines qui sont :

L'électricité Industrielle qui consiste à travailler sur toute application d'alimentation électrique. Les travaux que nous rencontrons dans ce domaine sont les études du réseau moyenne tension (poste de livraisons et de transformations) ; des études sur le réseau basse tension : (Armoires de distributions et coffrets électriques) ; des études de cheminement de câble ; des études de liaisons électriques (longueurs, sections de câbles) ; des études pour la compensation d'énergie : la commercialisation de matériels électriques.

L'Informatique Industrielle et l'instrumentation qui consiste à développer des applications de télégestion, système automatisé et informatisé. Ces travaux portent le plus souvent sur l'étude de Process, de système de visualisation et de communication ; l'étude et la mise en œuvre de système de communication inter automate par réseau et de ligne téléphonique ou GSM ; l'étude et la mise en œuvre de système de visualisation sur Pc et/ou pupitres opérateurs intégrant l'imagerie, l'archivage, la gestion de production des entreprises ; l'étude et la

mise en œuvre de système de régulation ; l'automatisation et la supervision des équipements d'unités de production par automates et ordinateurs.

1.3 Organigramme de LANDI TECHNOLOGIES





ZiE
Fondation ZiE

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

1. Historique de l'éclairage public

Historiquement, l'éclairage public apparaissait comme un vecteur de progrès, à la fois économique et social en termes d'activités de nuit (restaurants, bars dansant, balades nocturnes...). Il représente aujourd'hui un enjeu fort pour les gestionnaires d'installations, tant sur le plan des contraintes de maintenance, des coûts d'entretien et de consommation énergétique que sur le plan du service offert aux usagers de l'espace public (confort, sécurité...).

Ce thème est de plus en plus au cœur des préoccupations des acteurs publics et privés, en raison des objectifs majeurs fixés de maîtrise de la demande énergétique [8].

2. Définitions

2.1 L'économie d'énergie

L'économie d'énergie serait définie comme un concept visant à réduire l'énergie absorbée au strict minimum, à réduire les pertes au strict minimum et à augmenter la part d'énergie utile, à énergie absorbée fixée. Chaque appareil, chaque processus, chaque système nécessite un apport d'énergie pour fonctionner.

L'énergie peut être : Électrique, Calorifique, Lumineuse etc. le schéma de consommation est toujours le suivant.

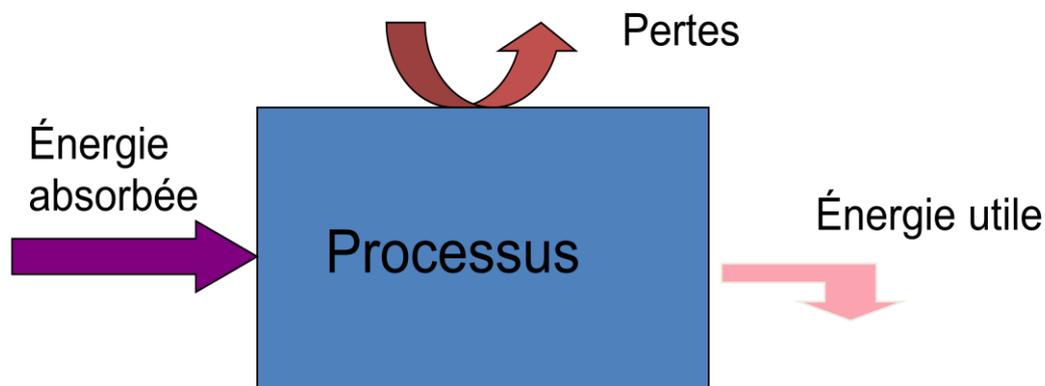


Figure 1. Processus d'économie d'énergie [1]

Il est à noter que l'économie d'énergie doit se faire sans en retirer le confort offert. Elle permet également de réduire la production des gaz à effet de serre. [1]

2.2 L'éclairage public

Selon le dictionnaire en ligne Wikipédia, du terme « éclairage public », on entend la répartition de la lumière sur les voies publiques, que ce soit au niveau des voies piétonnes ou pour l'éclairage des routes. [9]

Cet éclairage se fait grâce à des foyers lumineux portés par leurs supports, disposés selon le type d'éclairage choisi.

L'éclairage public serait donc l'ensemble des moyens qui permettent à l'homme de doter son environnement des conditions de luminosité qu'il estime nécessaire à son activité ou son agrément.

Les principales applications de l'éclairage public sont : l'éclairage des voies publiques et le balisage ; les feux et dispositifs de signalisation ; les illuminations et l'alimentation du mobilier urbain. Sont également assimilées à l'éclairage public, les illuminations réalisées à l'occasion des fêtes de fin d'années ou de manifestations commerciales, touristiques, etc.



Figure 2. Eclairage de l'avenue Charles de Gaulles de la ville de Ouagadougou

2.3 Lampe à vapeur de Sodium Haute Pression SHP

Développée par Loudon and Schmidt, la lampe à vapeur de sodium haute pression a été introduite en 1965.

Ce type de lampe est généralement de forme tubulaire. Elle contient une enceinte translucide et étanche (brûleur) qui comporte deux électrodes formées de tungstène souvent dopées à l'oxyde de thorium pour faciliter l'amorçage. Chaque électrode est alternativement cathode (qui émet les électrons) et anode (qui les collecte).

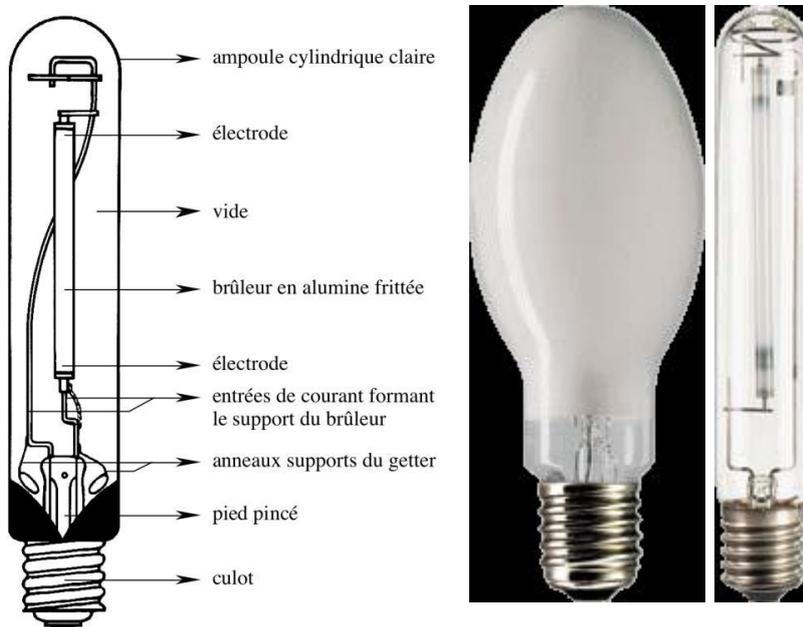


Figure 3. Exemples de lampes SHP

Le tube à décharge formé d'alumine polycristalline contient de la vapeur de sodium en excès à une pression de l'ordre de 200 kPa et de la vapeur « sèche » de mercure à une pression pouvant aller à 3 MPa. Il contient également d'autres gaz de remplissage (habituellement du xénon) à travers lesquels la décharge peut s'établir avant que le mercure ou le sodium ne se vaporise. En effet, la réalisation de la lampe SHP était possible après l'invention par Coble d'une alumine polycristalline translucide résistant à la vapeur de sodium. Le tube à décharge est contenu dans une enveloppe tubulaire claire (deux culots) ou ovoïde diffusante (un culot) à vide afin d'assurer l'isolation thermique en plus de la protection mécanique du tube à décharge.

Lorsqu'une tension convenable, principalement quelques kV, est appliquée entre les électrodes, un arc s'établit. Le dégagement de chaleur vaporise alors progressivement le mercure ensuite le sodium. En régime permanent, la décharge et la production de lumière se concentrent dans l'axe du

tube, laissant une zone sombre à proximité des parois, ce qui traduit un fort gradient de température entre l'axe du tube à décharge (4000-4500 K) et ses parois (de l'ordre de 1500 K pour l'alumine). [4]

Contrairement aux lampes à incandescence, les lampes à décharge ne peuvent pas être directement raccordées sur le réseau. La décharge doit être stabilisée par un ballast et dans certains cas amorcée par une impulsion de tension élevée produite au moyen d'un dispositif d'amorçage (amorçeur). Les lampes à décharge doivent avoir des caractéristiques adaptées aux exigences des diverses utilisations. A ce titre, les caractéristiques qui justifient le choix des lampes sont principalement le flux lumineux, l'efficacité lumineuse, la durée de vie, la couleur apparente, le rendu des couleurs et les conditions d'allumage.

La lampe SHP émet principalement un rayonnement jaune-rosé dû au doublet jaune du sodium qui est ensuite élargi grâce aux collisions (effet de pression) et qui couvre ainsi une grande partie du spectre visible.

La figure ci-dessous montre un spectre typique émis par une lampe SHP utilisée pour l'éclairage urbain.

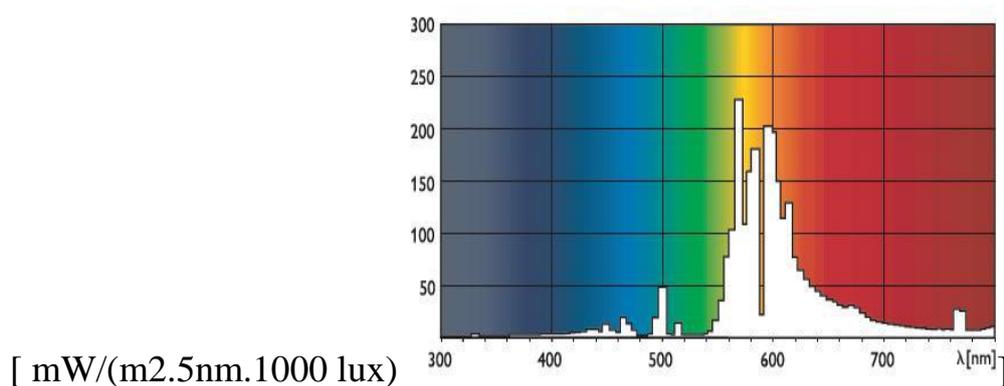


Figure 4. Spectre d'émission d'une lampe SHP 250 claire

Le principal inconvénient de cette lampe est la qualité de la lumière qu'elle produit. Elle est assez monochromatique et cela déforme de façon significative la couleur des objets qu'elle éclaire (faible indice de rendu de couleur). Il est possible d'améliorer la qualité de la lumière principalement en augmentant la pression ou la puissance mais dans ces cas l'efficacité lumineuse s'effondre.

- **L'efficacité lumineuse**

Le choix d'une lampe à efficacité lumineuse élevée garantit une puissance installée optimale et des coûts maîtrisés.

Efficacité lumineuse = Flux lumineux (lumens)/Puissance de la lampe (watts)

Le flux lumineux émis par les lampes diminue avec le temps. Cette baisse, différent d'un type de lampe à l'autre, et est un critère important qui permet au fabricant de conseiller une durée de vie économique, ou au concepteur de calculer le facteur de maintenance de l'installation.

- **Durée de vie économique**

C'est la durée de vie, indiquée par le fabricant, au bout de laquelle l'utilisation de la lampe peut être considérée comme non rentable. Elle serait de 24 000 heures pour la plupart des lampes

- **Puissances nominales**

La puissance des lampes VSHP varie de 35 à 1000 watts.

- **Facteur de puissance**

Le facteur de puissance de la lampe SHP est de l'ordre de 0,45. Des appareillages sont utilisés afin de relever le facteur de puissance.

2.4 Les LED (LIGHT EMITTING DIODE)

Les diodes électroluminescentes DEL ou LED sont aujourd'hui considérées comme une solution pour la réduction de puissance d'éclairage. Bien qu'elles soient encore chères aujourd'hui; leurs efficacités lumineuses en font un bon produit.

2.4.1 Définition

La LED ou diode électroluminescente n'est pas une lampe, c'est un semi-conducteur. Elle émet de la lumière par un processus physico-chimique. La technologie LED continue encore aujourd'hui d'évoluer.

En effet, depuis 1995, le rendement des diodes (Lm/W) double tous les deux ans, tandis que leur coût de production chute.

2.4.2 Historique



Figure 5. LED

Au commencement, la DEL agissait dans les ténèbres. La première d'entre elle émettait un rayonnement infrarouge invisible, mais qui s'est avéré bien pratique pour commander la télé à distance. Les DEL ont depuis colonisé nos télécommandes.

Ce n'est qu'en 1962, que Nick Holonyak, de la compagnie américaine General Electric, a fait de la DEL une source de lumière, rouge ; et quelques années après apparut la DEL verte.

La révolution arriva en 1992 avec la DEL bleue. L'association des DEL verte, rouge et bleue a permis d'obtenir de la lumière blanche (ou de n'importe quelle couleur) selon un processus archi-connu : la synthèse additive des couleurs.

Les chercheurs ont même réussi à obtenir de la lumière blanche avec une seule DEL. Au lieu d'associer trois DEL rouge, verte et bleue, ils ont recouvert une DEL bleue de phosphore. Le phosphore absorbe une partie du rayonnement de la DEL bleue, et le convertit en lumière jaune. Et du jaune plus du bleu, ça fait du blanc. Parfait pour l'éclairage public !

Et si les premières n'éclairaient pas grand chose, elles ont gagné en puissance au fil des ans. [7]

Plusieurs villes dans le monde aujourd'hui ont introduit les LED dans leur éclairage public à cause des nombreux avantages qu'elles offrent.

3. Grandeurs et unités de l'éclairage

3.1 Flux lumineux ou rendement lumineux

On définit le flux lumineux, ou rendement lumineux, comme la quantité totale de lumière émise, par seconde, par une source lumineuse.

La sensibilité de l'œil humain change, de la journée à la nuit.

L'unité du flux lumineux est le lumen (lm).

Les Lumens d'une lampe (lm) = c'est la quantité de lumière rayonnée par une source dans le spectre visible.

3.2 Efficacité lumineuse

On définit l'efficacité lumineuse d'une source de lumière comme le quotient du flux lumineux (lumens) par la puissance absorbée (watts).

L'efficacité lumineuse est mesurée en lumens par watt (lm/W).

L'efficacité lumineuse de différentes sources de lumière change considérablement : elle peut varier de moins de 10 lm/W à plus de 200 lm/W.

Efficacité lumineuse d'une source de lumière = lm lampe/W lampe

3.3 Densité du flux lumineux ou niveau d'éclairement

On définit la densité du flux lumineux en un point d'une surface comme le flux lumineux par unité de surface.

La densité du flux lumineux est également désignée sous les noms de "éclairement lumineux", "quantité de lumière sur une surface", ou "niveau d'éclairement".

L'unité SI du niveau d'éclairement est le lux (lx), $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$.

3.4 L'Indice de rendu des couleurs (IRC)

L'indice de rendu des couleurs est la capacité des sources lumineuses à émettre comme le corps noir (émetteur idéal théorique) de même température. C'est la capacité à émettre une lumière qui s'approche le plus en qualité de celle du soleil.

L'IRC = 100 pour un corps noir (couleur du jour). Tous les autres corps ont un IRC inférieur à 100.

3.5 La température de couleur

Les lumières sont classées suivant leurs capacités à émettre vers le bleu (corps très chaud) ou vers le rouge (corps moins chaud). Cette capacité d'émission est donnée par la température de couleur.

Les lampes de couleur dite froide sont riches en bleu $T > 4000 \text{ K}$

Les lampes de couleur chaude sont riches en rouge $T < 3000 \text{ K}$

3.6 La durée de vie des lampes.

Les lampes se caractérisent aussi par leurs durées de vie plus ou moins longue exprimées en heure de fonctionnement continue.

Celle-ci varie d'une lampe à une autre.

4. Caractéristiques et rôle de l'éclairage public

L'éclairage des voies publiques est un éclairage de chaussée servant à améliorer la visibilité. Il remplit le rôle de sécurité, d'aménagement urbain, de développement des lieux sociaux et d'urbanisation de la communication :

- La **Sécurité** : Il assure le bon ordre, la sûreté et la sécurité publique des communes.



- L'Aménagement **urbain** : Il permet d'aménager, de recomposer les quartiers, retisser les liens entre les quartiers trop distendus ou au contraire différencier les espaces sombres.
- Le **Développement des lieux sociaux** : il permet l'ambiance nocturne, la convivialité des espaces publics.
- L'**Urbanisation de communication** : l'éclairage public répond à La promotion de l'image des communes notamment en matière d'attraction des entreprises et des investisseurs.

5. L'éclairage public dans la ville de Ouagadougou au Burkina Faso

5.1 Présentation

L'éclairage public de la ville de Ouagadougou représente une part importante de la facture d'électricité. L'énergie consommée s'élèverait à environ 9,7GWH représentant environ 1,83 milliard de FCFA par AN de facture électrique. [1]

Il existe aujourd'hui une attente forte, exprimée par les populations de la ville de Ouagadougou en matière d'éclairage urbain.

Ces enjeux de l'éclairage urbain sont bien compris par la société SONABEL en charge du suivi du développement du réseau d'éclairage public et de l'élaboration de la politique de maintenance de ce réseau.

Nous pouvons citer comme enjeux, la sécurité des biens et des personnes, la sécurité des déplacements, la valorisation de la cité et le développement économique.

Au Burkina Faso, il existe un fond d'éclairage public qui est géré par un comité interministériel. C'est ce comité qui décide de la construction des

réseaux d'éclairage public. Cependant, certains projets comme le bitumage des routes, la construction de cités intègrent le volet éclairage public.

Ce fond budgétaire alloué pour la prise en charge du réseau d'éclairage public serait déficitaire.

Selon un écrit [2] du chef de la division éclairage public et de la cartographie de la SONABEL paru sur le site du faso.net, par exemple pour l'année 2008, les coûts d'entretien et de consommation d'électricité s'élèveraient à plus d'un milliard deux cent cinquante millions de francs CFA (1 250 000 000) pour la seule ville de Ouagadougou.

Nous entendons par un éclairage de qualité, un éclairage avec un bon niveau d'éclairement dans la ville à travers un niveau photométrique adapté, une bonne répartition et uniformité de la lumière obtenue par un choix et un positionnement pertinent du matériel, une maintenance avec un taux de pannes aussi proche que possible de zéro et l'utilisation rationnelle de l'énergie permettant de générer des économies de fonctionnement et indirectement, d'une façon citoyenne, de réduire ainsi les gaz à effets de serre, par l'utilisation de matériel avec un excellent rendement lumineux .

5.2 Parc d'éclairage public de la ville de Ouagadougou

Le parc d'éclairage public est généralement composé des équipements suivants :

- Les lampes
- Les luminaires
- Les supports
- Les coffrets
- Les ballasts et amorces

- Les condensateurs
- Les interrupteurs de commande des foyers lumineux

Sur le réseau d'éclairage public de la ville de Ouagadougou on rencontre en majorité deux types de lampes : les lampes à vapeur de sodium haute pression et les lampes à vapeur de mercure. Les lampes à vapeur de mercure tendent à disparaître à cause de la mauvaise efficacité lumineuse, mauvais rendu des couleurs et elles émettent beaucoup d'ultraviolet. Elles sont de plus en plus remplacées par des lampes SHP de faible puissance.

Un inventaire en 2007 a donné les proportions suivantes des types de lampes dans l'EP de la ville de Ouagadougou. [9]

Type	Désignation	Nombre de foyers lumineux	Proportion en %	Puissance Installée théorique en KW
SODIUM	Lampes à vapeur de sodium de 150 W	668	6,055	100,2
	Lampes à vapeur de sodium de 250 W	3290	29,82	822,5
	Lampes à vapeur de sodium de 400 W	188	1,704	75,2
MERCURE	Lampes à vapeur de mercure de 125 W	1332	12,07	166,5
	Lampes à vapeur de mercure de 250 W	5556	50,35	1389
TOTAL		11034	100	2553,4

Tableau I : Inventaire 2007 des lampes de l'EP de la ville de Ouagadougou

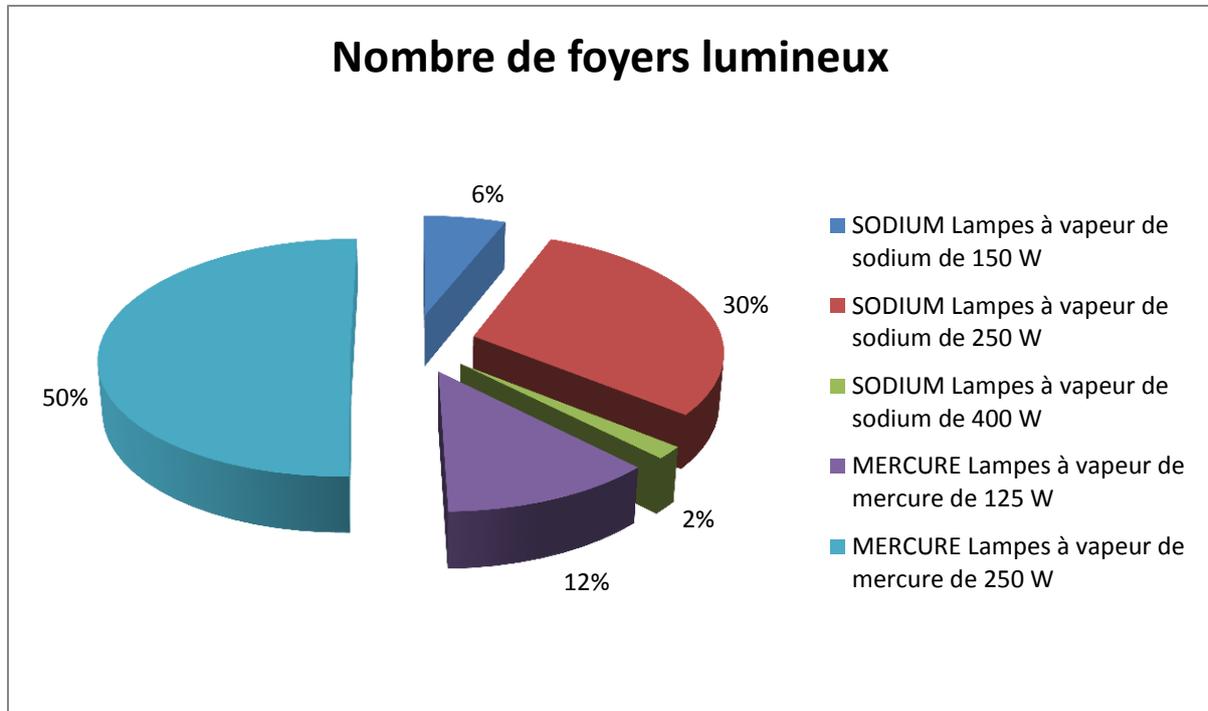


Figure 6 : Nombre de foyers lumineux en 2007

En 2007, sur le réseau d'EP l'on pouvait dénombrer au total 11 034 foyers lumineux, 6888 lampes à vapeur de mercure et 4146 lampes à vapeur de sodium. La consommation d'énergie électrique en 2007 serait de un milliard cent quatre-vingt-dix-sept millions neuf cent quarante-six mille six cent vingt FCFA (1 197 946 620) selon la SONABEL. [9]

En 2009 un autre inventaire des lampes de l'EP de Ouagadougou a donné :

Type	Désignation	Nombre de foyers lumineux	Proportion en %	Puissance Installée théorique en KW
SODIUM	Lampes à vapeur de sodium de 150 W	1004	8,14	130,2
	Lampes à vapeur de sodium de 250 W	4250	34,46	904,25
	Lampes à vapeur de sodium de 400 W	188	1,52	75,2
MERCURE	Lampes à vapeur de mercure de 125 W	1332	10,80	166,5
	Lampes à vapeur de mercure de 250 W	5556	45,06	1389
TOTAL		12330	100	2665,15

Tableau II : Inventaire 2009 des lampes de l'EP de Ouagadougou

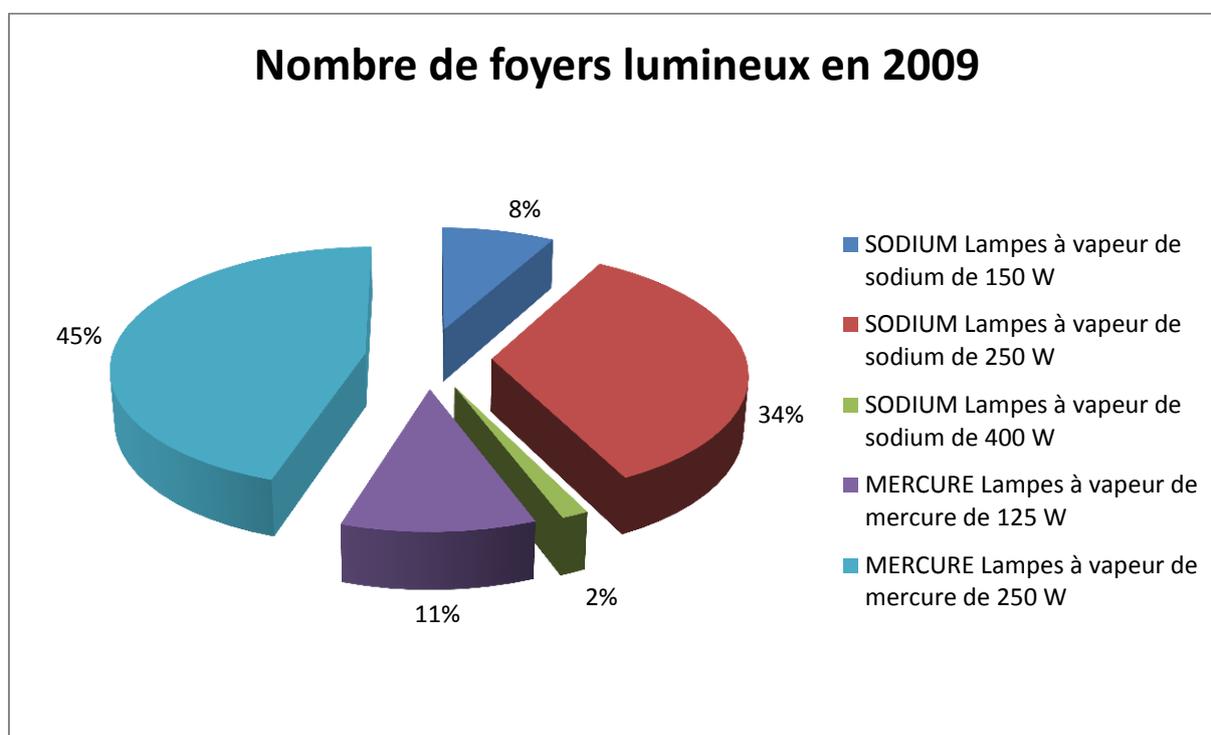


Figure 7 : Nombre de foyers lumineux en 2009

De ces deux inventaires, nous remarquons que la quantité des lampes à vapeur de mercure n'a pas évolué. Cela est dû au fait que la Sonabel n'étant pas satisfaite des rendements offerts par les lampes HPL a suspendu tout achat de ce type de matériel et utilise pour ces nouvelles installations d'EP des lampes SHP de petite puissance afin d'optimiser au mieux l'énergie consommée.

Des rues sont actuellement en projet test pour l'utilisation des LED. La technologie n'étant pas bien maîtrisée, des relevés sont alors effectués mensuellement afin d'effectuer un suivi. C'est le cas de la rue jonchant le terrain du Moro NABA sur laquelle sont montés des LED de différentes puissances en étude expérimentale par un fournisseur privé.

Le choix judicieux d'une source lumineuse ayant une longue durée de vie, une efficacité lumineuse adéquate permet une économie appréciable tant sur le plan de la maintenance que sur le plan de l'énergie consommée.



ZiE
Fondation ZiE

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE



ZiE
Fondation ZiE

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

OBJECTIF

1. Objectif de l'étude

L'Objectif de cette étude est de proposer une amélioration de l'efficacité énergétique de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou en remplaçant des lampes SHP par des LED spéciales BBE.

L'étude expérimentale sera portée sur l'avenue Charles de Gaulles de la ville de Ouagadougou. Ensuite les résultats pourront être expérimentés sur toute la ville de Ouagadougou



ZiE
Fondation ZiE

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

METHODOLOGIE

1. Cadre de l'étude

Le cadre choisi est la ville de Ouagadougou au Burkina Faso et notre étude s'est intéressée à proposer une solution d'amélioration de l'efficacité énergétique de l'éclairage public de l'avenue Charles de Gaulles de la cité Zogona. Cette avenue a été choisie parce qu'elle est l'une des plus grandes de la ville et elle utilise des lampes de grande puissance. Dans le souci d'économie d'énergie la Sonabel remplace sur son réseau ces lampes SHP de grande puissance par des lampes SHP de petite puissance. La société BBE nous propose aujourd'hui de passer directement des foyers lumineux SHP aux foyers lumineux à LED.

Il est à noter que les résultats de l'étude obtenus pourront être répercutés sur les autres rues et avenues de la ville.

Le foyer d'éclairage public de l'avenue Charles de Gaulles est constitué de **luminaires** (enveloppe et réflecteur), de **lampes** et **d'appareillages**.

2. Matériels et méthodes

Pour effectuer notre étude expérimentale, une visite de l'avenue Charles de Gaulles nous a permis de déterminer le nombre de foyers lumineux de cette avenue et le type d'implantation des luminaires. Aussi une visite à la division EP et cartographie de la SONABEL nous a permis de déterminer le type de lampe utilisée et la puissance de ces lampes. [9]

3 Présentation de la société BBE

La Société BBE SHEZHEN BANG-BELL ELECTRONICS CO., LTD est une société fondée en 1998 spécialisée dans le domaine des LED notamment l'éclairage public par LED.

Depuis 2006, plusieurs projets pilotes de luminaires à LED pour l'éclairage public ont été implantés dans environ 130 pays en occurrence les Etats Unis, la Colombie, la Russie, la Croatie etc...[5]

Ces pays ont été conquis par les économies énergétiques réalisées par l'utilisation des LED spéciales BBE dans l'éclairage public et ont adopté son utilisation. Dans sa politique de conquête du marché, en 2011 elle lie un partenariat avec la société burkinabé Landi technologies.

4 Le Foyer d'éclairage

a. Le luminaire

Le luminaire est un ensemble optique, mécanique et électrique équipé pour transformer la lumière d'une ou plusieurs lampes.

Un luminaire doit être choisi en fonction de l'adéquation entre sa performance photométrique et le contrôle des nuisances lumineuses.

Les luminaires à indice de protection élevé (IP 65minimum) sont conçus pour empêcher l'encrassement du bloc optique et ainsi maintenir les performances photométriques dans le temps.



Figure 8. Un luminaire

4.2 Les lampes

Une lampe est un objet technique fabriqué par l'homme et destiné à produire une lumière. La lampe la plus ancienne est la lampe à huile.

Les lampes convertissent une énergie électrique en énergie électromagnétique (spectre visible), notamment lorsque la lumière émise par le Soleil est absente ou insuffisante, la nuit ou dans des endroits où elle ne peut pénétrer.

Les lampes à décharges haute intensité (DHI) en occurrence les lampes à vapeur de mercure et les lampes à sodium haute intensité sont celles que l'on rencontre sur l'EP de la ville de Ouagadougou. Mais il est à noter que les lampes à vapeur de mercure tendent à disparaître et sont remplacées par les lampes à vapeur de sodium.

Les lampes à vapeur de sodium haute pression sont celles que l'on rencontre sur l'avenue Charles de Gaulles.

5. Fonctionnement de la lampe SHP

Le ballast fournit une impulsion à haute tension (2500 V) d'une microseconde pour allumer la lampe. Cette pointe de haute tension amorce l'arc de xénon entre les électrodes principales. Le mercure et le sodium, se vaporisant alors rapidement, maintiennent l'arc. Le temps de préchauffage dure de trois à quatre minutes. La durée de rallumage est d'environ une minute – ce qui constitue la plus courte durée de rallumage de toutes les lampes à décharge haute intensité.

Toutes les lampes à décharge ou au néon nécessitent des ballasts pour leur fonctionnement.

Les ballasts sont une source de gaspillage énergétique. Beaucoup de ballast vendus sur le marché local en Afrique sont souvent de très mauvaise qualité et augmentent artificiellement la consommation de la source lumineuse. Il faut penser à adopter soit des ballasts électroniques ou des ballasts électromagnétiques de haute efficacité. [1]



Figure 9. Un luminaire à lampe de sodium

5.1 L'appareillage

Les lampes à décharge utilisées en éclairage public ont besoin d'appareillage auxiliaire pour fonctionner. Cet appareillage permet une économie d'énergie de 5 à 20%.



Nous distinguons deux types d'appareillages : l'appareillage ferromagnétique et l'appareillage électronique.

5.1.1 Appareillage ferromagnétique

(Ballast + amorceur + condensateur)

L'appareillage ferromagnétique est composé d'un ballast, d'un amorceur et d'un condensateur.

Le **ballast** est un dispositif utilisé dans une lampe à décharge pour fournir l'amorçage (allumage) et assurer les conditions électriques de fonctionnement.

Il stabilise et limite l'intensité de la lampe à sa valeur nominale.

L'**amorceur** assure l'allumage des lampes. La lampe à Sodium Haute Pression exige pour être allumée des impulsions à haute tension.

L'amorceur permet aussi de générer des impulsions conformes afin d'obtenir des allumages à froid et à chaud, sans causer de dommages à la lampe.

Le **condensateur** sert à relever le facteur de puissance ($\cos \phi$) de la lampe qui est de 0,45.

5.1.2 Appareillage électronique

Cet appareil assure les mêmes fonctions que l'appareillage ferromagnétique mais en un seul élément.

Il assure la maîtrise des surtensions du réseau de 10 à 50% de réduction de consommation, il augmente la durée de vie des lampes, et il permet une augmentation ou diminution lumineuse sur certains modèles de lampes.

5.1.2 Appareillage électronique

Cet appareil assure les mêmes fonctions que l'appareillage ferromagnétique mais en un seul élément.

Il assure la maîtrise des surtensions du réseau de 10 à 50% de réduction de consommation, il augmente la durée de vie des lampes, et il permet une augmentation ou diminution lumineuse sur certains modèles de lampes.

6. Les avantages des LED

L'éclairage par diodes comporte de nombreux avantages comparé aux autres technologies :

- Une LED n'émet pas d'ultra-violets, son émission de chaleur est très faible,
- La durée de vie d'une LED est très longue (100 000 heures)
- La taille d'une LED est réduite ce qui permet la création de très petits luminaires
- Le flux lumineux d'une LED dans l'axe est très intense. Il y a une faible dispersion
- Les LED sont disponibles dans de nombreux coloris et on un bon rendu des couleurs (émettent une couleur pure)
- On a la possibilité de faire varier le flux lumineux d'une LED

Les LED sont donc la garantie d'une grande fiabilité dans le temps. Leur champ d'application est aujourd'hui très vaste et se développe dans le domaine de l'éclairage public de façon croissante.

L'inconvénient majeur est son coût d'investissement, la disponibilité en pièces de rechange et les composants non standardisé

Le partenariat entre Landi technologies et la société BBE permettra de résoudre le problème de disponibilité des pièces de rechange et celui de standardisation. La technologie est coûteuse mais à long terme, ce coût se rentabilise

La société chinoise BBE LED [6] spécialisée dans l'éclairage par LED a mis en place un tableau comparatif entre les lampes SHP et les LED.



Figure 10. Un luminaire à LED

6.1 Analyse comparative entre une lampe SHP et une LED

Désignation	Lampe vapeur de sodium	LED
Performance Photométrique	Mauvais	Excellent
performance électrique	(surtension)	(basse tension sans danger)
Efficacité lumineuse	108 lm /W	Supérieure à 100 lm/W
durée de vie	faible environ 5000 h	longue supérieur à 50 000 h
Variation de tension	réduite à + ou - 7 %	augmente de + ou - 20%
puissance consommée	Grande	Faible
Mise en régimes	lent environ 3 à 5 mn	rapide environ 2 S
efficacité optique	faible < 60%	grande > 90%
indice des couleurs	mauvais Ra < 50	Good Ra > 75
température des couleurs	Inconfortable	Confortable
pollution lumineuse	Sérieuse	Non
cout de maintenance	Elevé	Faible

Tableau III : comparaison des caractéristiques entre une lampe SHP et une LED spéciale de BBE [6]

Ce tableau présente des critères comparatifs entre les lampes SHP et les LED.

A efficacité lumineuse sensiblement égale, la LED offre de meilleurs avantages comme la performance photométrique la puissance consommée, la durée de vie, indice des couleurs etc... pour un coût de maintenance faible et une faible pollution lumineuse.

7. Implantation des luminaires

Généralement quatre (4) types d'implantation sont utilisés pour la pose des luminaires.

Nous retrouvons couramment trois (3) types de mode d'implantation des luminaires dans la ville de Ouagadougou.

7.1. L'implantation Unilatérale

Dans ce mode de pose, les supports sont disposés soit à gauche (unilatérale gauche) ou à droite (unilatérale droite). Ce mode d'implantation est conseillé pour les voies moins fréquentées.

7.2. L'implantation bilatérale

- Quinconce

Les supports sont disposés de part et d'autre de la voie de manière à former des angles. Ce type d'implantation donne une meilleure répartition de la lumière sur la voie mais son ouvrage est plus onéreux. Il est recommandé aux voies larges à grande circulation.

- Vis-à-vis

Les supports étant placés de part et d'autre de la voie se font face. La lumière est donc mal répartie et laisse des zones d'ombres si l'espacement entre les supports excède (30) trente mètres.

7.3. L'implantation Axiale

Dans ce mode de pose, les supports sont placés sur l'axe central séparant la voie en deux parties égales.

Cette implantation est utilisée pour les grandes voies de circulation à sens unique (ou avec un terre-plein central).

Sur l'avenue Charles de Gaulle, l'implantation axiale a été adoptée car nous disposons d'un terre-plein central.



Figure 11 : Implantation des luminaires de l'avenue Charles de Gaulles

8. Principe de fonctionnement de l'éclairage Public de la ville de Ouagadougou

Le fonctionnement de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou est assuré par des coffrets de commande. Ces coffrets sont alimentés soit à partir du réseau Basse Tension de distribution publique, soit à partir des postes de transformateur sur poteau de 50 KVA en général.

Un interrupteur crépusculaire ou horaire placé dans le circuit de commande d'un contacteur ferme un contact si l'éclairement diminue jusqu'à un certain seuil (4LUX environ) et provoque l'allumage des récepteurs.

Les interrupteurs horaires « Lumandar cometa 1000 LUX » sont destinés à la commande d'enclenchement et de déclenchement des circuits à des heures déterminées dans le souci d'une économie d'énergie.

9. Maintenance de l'éclairage public

La maintenance du réseau d'éclairage public est coûteuse pour la SONABEL.

La section maintenance du réseau d'éclairage public assure l'entretien du réseau en remplaçant des luminaires ou des lampes défectueuses, en remplaçant des supports ou des câbles accidentés, en dépannant des coffrets. Dans l'exercice de leurs tâches, cette section rencontrerait des difficultés tant au niveau technique sur les supports des luminaires fréquemment accidentés qu'au niveau logistique par un manque de véhicules ou par des nacelles vétustes et fréquemment en panne.

Une loi a été votée pour confier la gestion de l'éclairage public aux communes mais elle n'est pas encore en application.

Dans la politique actuelle de maintenance, deux (2) types de maintenance sont effectués : la maintenance préventive et la maintenance curative

9.1 Maintenance préventive

C'est une intervention de maintenance prévue et programmée avant la date probable d'apparition d'une défaillance. Les activités effectuées par la section maintenance pour ce type de maintenance sont l'élagage sur le réseau qui consiste à débarrasser le réseau de ce qui pourrait le perturber, le contrôle des différents points de connexion sur le réseau, le contrôle de l'état et du bon fonctionnement de l'interrupteur crépusculaire, le contrôle du serrage des éléments électriques dans le coffret.

9.2 Maintenance curative

C'est la maintenance la plus utilisée sur le réseau d'éclairage public. Elle consiste à rétablir la fluidité du réseau après une panne constatée. Les pannes sont de divers ordres, les plus usuelles étant les reprises des câbles accidentés, le remplacement des contacteurs brûlés, le remplacement des coupe-circuits brûlés, le remplacement des interrupteurs crépusculaires brûlés ou défectueux, le remplacement des fusibles défectueux, le rétablissement du neutre coupé.

Les maintenances sont coûteuses et l'indisponibilité parfois des pièces rend médiocres les interventions.



ZiE
Fondation ZiE

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

RESULTATS ET ANALYSES

Sur le réseau EP de la ville de Ouagadougou, il est fort de constater un nombre élevé de lampes à vapeur de mercure comparativement à celles aux sodium haute pression. Les lampes HLP ne sont plus achetées par la SONABEL. Des travaux sont actuellement en cours afin de retirer les lampes HLP du réseau d'EP. La rue soumise à notre étude est équipée de lampe de type SHP.

1. Détermination du coût énergétique de l'installation actuelle de l'avenue Charles de Gaulles

Une visite de l'avenue Charles de gaulles nous a permis de faire un recensement des matériels en place. L'avenue « Charles de gaulles » compte :

- 6 coffrets comprenant des coupes circuits, des contacteurs et des interrupteurs de commandes.
- 154 lampes à vapeur de sodium haute pression de 400W chacune
- Implantation axiale

Une étude de la consommation énergétique de l'avenue Charles de gaulles a ensuite été effectuée et a donné les résultats suivants :

a. Calcul de la puissance absorbée totale Pt :

$$Pt = \text{nombre de lampe} * \text{Puissance de la lampe}$$

$$Pt = 154 * 400 = 61600W \text{ soit } 61,6 \text{ KW}$$

Selon le tableau de tarification de la SONABEL, le KWh pour l'éclairage public est facturé à 122F CFA

b. Calcul de l'énergie active absorbée par les lampes par jour :

-En considérant que les lampes fonctionnent en moyenne 12 heures par jour on a :

$$E = Pt * \text{heure de fonctionnement}$$

$$E = 61,6 * 12 = 739,2 \text{ KWh par jour soit } 269\,808 \text{ KWh/an}$$

Tableau 2 de l'énergie facturée par jour par la SONABEL

Puissance Facturée	Valeur par jour	Coût par jour en FCFA
Energie active par jour	739,2 KWh	90 182,4

Le cout de facturation par jour de l'avenue Charles de gaulle s'élèvent à

$$90\,182,4 \text{ FCFA /jr} \text{ soit } 33\,006\,758,4 \text{ FCFA /an}$$

Lorsque le facteur de puissance d'une installation est mauvais, le récepteur appelle un fort courant. Le compteur de l'EP ne dissocie pas l'énergie active de l'énergie réactive absorbée d'où l'intérêt d'éviter de fort appel de courant. L'idéal serait que la puissance apparente soit sensiblement égale à la puissance absorbée. Les fonds d'EP étant déficitaires, la SONABEL évite de facturer des pénalités pour un mauvais facteur de puissance sur le réseau d'EP.

Aujourd'hui la SONABEL à tendance à réduire la puissance des lampes SHP 400W à des lampes SHP de 250 ou 150W en vue de faire des économies d'énergie.

Les LED spéciales BBE offrent de nombreux avantages d'économie d'efficacité énergétique. Une substitution des foyers lumineux SHP par des foyers lumineux

à LED nous permettra de déterminer les économies d'énergies que l'on pourrait faire à travers son utilisation.

2. Détermination du coût Energétique de l'installation de Charles de gaulles avec substitution des foyers lumineux SHP par des foyers lumineux à LED spéciale BBE

La société BBE nous propose de remplacer uniquement les foyers lumineux SHP par les foyers lumineux à LED sur le réseau EP sans changer la hauteur et l'espacement des candélabres ni la section des câbles pour les anciennes installations afin de réduire les investissements ainsi que les travaux à effectuer. Pour les nouvelles installations, un dimensionnement du matériel est à effectuer. Le catalogue nous donne les sections des câbles à utiliser pour chaque type de foyers lumineux à LED.

D'après le catalogue de la société chinoise BBE LED Street light pour une puissance donnée d'une lampe SHP nous avons un équivalent en LED avec toutes les caractéristiques.

Pour la lampe SHP 400W de l'avenue Charles de gaulles, nous avons la LED de 168W.

Le tableau ci-dessous nous donne les caractéristiques de comparaison pour ces deux lampes.

comparatif des caractéristiques des foyers lumineux SHP 400w et des foyers lumineux à LED 168w

Désignation	LAMPE SHP	LED
Puissance	400 W	168 W
Section des câbles pour nouvelle installation	4 x 25 + 1 x 16mm ²	4 x 6 + 1 x 4 mm ²
pertes joules des câbles (6%)	24 W	10 W
Puissance consommée des ballasts	120 W	0 W (pas de ballast)
puissance consommée par le circuit du hacheur	0 W	30 W
Puissance active totale	444 W	208 W
Coût en FCFA de l'énergie active absorbée/jour (12h) pour une lampe pour 122 FCFA par KWH: Ea = P*h*coût	Ea = 650 016 FCFA	Ea = 304 512 FCFA
Maintenance des sources lumineuses (durée de vie)	Inférieur à 1 AN	10 ANS
Maintenance du réseau de distribution	changer les ballasts = 5 ans	\

Tableau IV: Caractéristique comparative entre lampe SHP et LED

Ce tableau nous montre que les différentes pertes occasionnées par les câbles 24W, les ballasts 120W peuvent être réduites voir éliminées en utilisant les LED. Ces pertes interviennent dans le fonctionnement des Lampes SHP. Aussi, l'utilisation des condensateurs s'avèrent nécessaire pour le bon fonctionnement des lampes SHP afin de relever le mauvais facteur de puissance 0,45 et de réduire l'énergie réactive qui ont tendance à déséquilibrer le réseau d'alimentation. Les condensateurs utilisés pour relever le facteur de puissance malheureusement ; également consomment de l'énergie.

Avec la mise en place des LED Spéciale BBE plus besoin de ballast, les pertes par effet joules sont réduite à 10 W, le circuit hacheur consomme 30W. La LED offre un très bon facteur de puissance 0,99. L'utilisation des appareillages ferromagnétiques n'est pas nécessaire dans le fonctionnement des foyers lumineux à LED. La puissance réactive est quasi-inexistante.

3. Détermination de l'énergie consommée par les foyers à LED sur l'avenue Charles de gaulles

$$P_t = 213 * 154 = 32,802 \text{ KW}$$

$$E = 32,802 * 12 = 393,624 \text{ KWh}$$

Tableau de l'énergie facturée par la SONABEL

Puissance Facturée	Valeur par jour	Coût par jour en FCFA
Energie active par jour	393,624 KWh	48022,128

Le coût de facturation par jour de l'avenue Charles de gaulles s'élèvera à

$$48\,022,128 \text{ FCFA/jr soit } 17\,528\,076,72 \text{ FCFA/an}$$

4. Détermination de l'économie d'énergie réalisée en termes de coût sur le réseau d'éclairage public de l'avenue de Charles de gaulles

$$\Delta E = E_{shp} - E_{led}$$

$$\Delta E = 33006758,4 - 17\,528\,076,72$$

$$\Delta E = 15\,478\,681,68 \text{ FCFA /AN}$$

Tableau V : récapitulatif des énergies consommées sur l'avenue Charles de gaulles

Designation	Lampe SHP	LED
Energie active consommée par an	739,2 KWh	393,624 KWh
Coût facturé par an	33 006 758,4 FCFA	17 528 076,72 FCFA
Economie réalisée par an	15 478 681, 68 FCFA	

Choix du foyer lumineux à LED spéciale BBE

Le catalogue nous propose pour une LED spéciale BBE 168W la LED :

Modèle **LED Street Light, LU6**

Puissance 168W pour la LED, (Puissance totale consommée avec les consommée: accessoires 225W)

Tension d'alimentation: 100-240VAC

Flux lumineux: 14,558 lm

Certificat: CE

Particularité : IP65.

Durée de vie Supérieur à 50 000 h

Garantie 36 mois



Figure 12. Une LED street light, LU6

5. ETUDE ECONOMIQUE DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU

5 .1 Investissement

L'investissement est une somme de coûts directs d'acquisition et des coûts d'exploitation.

5.1.1 Détermination approximative de l'efficacité énergétique que l'on pourrait réaliser dans la ville de Ouagadougou avec l'utilisation unique des LED spéciales BBE.

Ce calcul a été déterminé avec des chiffres d'un inventaire de 2009. La visite de la section EP / cartographie de la SONABEL ne nous a pas permis d'obtenir des chiffres d'inventaire récent.

Grâce au tableau comparatif des caractéristiques lampes HLP et SHP nous trouverons leur équivalent et pourrons convertir toutes les lampes du réseau EP de HLP à SHP puis en LED

LAMPES HLP			LAMPES SHP		
Puissance nominale en W	Flux lumineux en lm	Efficacité lumineuse lm/W	Puissance nominale en W	Flux lumineux en lm	Efficacité lumineuse lm/W
80	3700	41	50	3300	57
125	6300	45	70	5800	71
250	13000	48	100	9500	85
400	22000	52	150	13500	79
700	40000	54	250	25000	89
1000	58000	55	400	47000	108
			1000	120000	113

Tableau VI : comparatif équivalent lampe HLP à SHP

Le principe d'utilisation du tableau est simple. On peut remplacer des lampes HLP 125W, 250W respectivement par des lampes SHP 100W, 150W, tout en ayant un taux de flux lumineux des SHP supérieur à celle des HLP.

Pour notre inventaire on aura en remplaçant les HLP par les SHP un parc de :

	SODIUM	Nombre de foyers lumineux	Puissance Consommée en KW
Désignation	Lampes à vapeur de sodium de 100 W	1332	133,200
	Lampes à vapeur de sodium de 150 W	6560	984
	Lampes à vapeur de sodium de 250 W	4250	1062,5
	Lampes à vapeur de sodium de 400 W	188	75,2

Tableau VII : Parc de l'EP de ouagadougou uniquement SHP

La puissance totale consommée sur le réseau pour utiliser les lampes SHP est de :

$$P = 2254,9 \text{ KW}$$

Energie consommée par ces lampes pour 12h de fonctionnement /Jr est :

$$E_{shp} = P \cdot T$$

$$E_{shp} = 2254,9 \cdot 12 = 27058,8 \text{ KWh /Jr}$$

En convertissant le parc de lampes SHP par des LED spéciales BBE on aura :

	LED spéciale BBE	Nombre de foyers lumineux	Puissance consommée en KW
Désignation	LED BBE 36W	1332	47,952
	LED BBE 90W	6560	590,4
	LED BBE 112W	4250	476
	LED BBE 168 W	188	31,58

Tableau VIII : Parc de l'EP de Ouagadougou uniquement LED BBE

La puissance totale consommée par les LED est de **1145,93 KW**

Energie consommée par les LED par jour est :

$$E_{led} = 1145,93 \cdot 12 = 13751,184 \text{ KWh/Jr}$$

Economie d'énergie que l'on pourrait réaliser par jour avec un réseau EP constitué de LED est de :

$$\Delta E = E_{shp} - E_{led}$$

$$\Delta E = 27\,058,8 - 13\,751,184$$

$$\Delta E = 13307,616 \text{ KWh /Jr}$$

5.2 DETERMINATION Du GAIN FINANCIER

Détermination du gain financier que l'on pourrait effectuer pour 122 FCFA le prix du KWh.

$$\text{GAIN financier} = 13307,616 * 122$$

$$\text{Gain financier} = 1\,623\,529,152 \text{ FCFA/ Jr soit } 592\,588\,140,5 \text{ FCFA /AN}$$

5.3 Détermination du coût d'investissement pour un parc d'EP à LED

LED spéciale BBE	Nombre de foyers lumineux	Prix unitaire HT rendu à Ouaga en FCFA	Prix total HT en FCFA
LED BBE 36W	1332	126 563	168 581 916
LED BBE 90W	6560	267 188	1 752 753 280
LED BBE 112W	4250	414 375	1 761 093 750
LED BBE 168 W	188	590 625	111 037 500
			3 793 466 446

Tableau IX : coût des LED BBE

Si on suppose que la SONABEL décide de passer tout son parc actuel en LED spéciale BBE le coût d'investissement s'élèverait à : **3 793 466 446 FCFA**

Coût d'investissement = 3 793 466 446 FCFA

4.4 DETERMINATION DU TEMPS D'AMORTISSEMENT

Déterminons le temps d'amortissement

Coût de l'investissement / économie journalière des LED

3 793 466 446 / 1 623 529,152 = 2337 Jrs soit 6 ans et 4mois

La durée de vie d'une LED spéciale BBE est environ 50 000 Heures soit 11 ans 5 mois pour un fonctionnement de 12 heures par jour.

Après remplacement de tous les foyers lumineux de lampes SHP par des LED spéciales BBE, nous constatons que l'investissement effectué, sera rentabilisé après 6 ans 4mois de fonctionnement des LED spéciale BBE sur le réseau d'EP. Les 4 ans 1 mois restant seront le gain bénéfique que la société SONABEL pourrait se faire. Les LED ne demandant pas une grande maintenance, le coût de cette maintenance se verra réduire considérablement vis à vis du budget actuel de maintenance et la société BBE nous offrent des garanties de 3 ans. Pour un nouveau projet d'EP la section des câbles est fortement réduite par rapport à la section utilisée.

Nous pourrions alors réduire d'environ 50 % la consommation d'énergie sur le réseau d'EP. La maintenance des LED est relativement faible et ne se résume qu'à l'entretien des foyers lumineux. Pour maintenir un éclairage de qualité le suivi de la maintenance préventive est de rigueur car l'empoussièremement des vasques provoque également des pertes.

CONCLUSION/SUGGESTION

CONCLUSION

Au terme de notre étude, il convient de noter que l'utilisation des LED spéciales BBE dans l'éclairage public s'inscrit comme une solution réelle pour l'amélioration de l'efficacité énergétique. Le foyer lumineux à LED présente parmi d'autres types de foyers lumineux, des avantages indéniables tels que nous pouvons aujourd'hui affirmer que les LED sont la solution pouvant nous aider à réduire considérablement notre consommation donc à faire des économies d'énergie. Ils ont de meilleures performances photométriques et sont conformes aux normes de l'EP internationale. Il ne délivre pas de pollution lumineuse. L'opportunité que nous offre aujourd'hui la BBE avec ces LED Spéciales est à saisir. Ces économies réalisées pourront servir à d'autre fin pour la SONABEL en occurrence pour les ménages et les industries afin d'accroître le développement de la ville de Ouagadougou.

Certes la modernisation du parc aura un coût, mais ce coût sera vite rentabilisé et il engendrera des gains bénéfiques sur le plan de la maintenance ainsi que sur la satisfaction de la clientèle pour la SONABEL.

SUGGESTION / RECOMMANDATION

A l'endroit de la SONABEL :

✓ Recourir à un contrat de Partenariat public-privé qui aura pour objectif de confier à une entreprise la gestion globale des installations d'éclairage public et autres mobiliers électriques sur la voie publique mais l'ensemble des investissements seront réalisés en début de contrat et financés par l'entreprise.

✓ Optimiser la programmation des investissements afin de réaliser les économies d'énergie. Ce contrat exige une précision des opérations à réaliser sur des endroits bien définis et les matériels concernés pour l'entreprise qui va intervenir

✓ Mettre en place une équipe de réflexion sur les nouvelles sources d'éclairage public comme les foyers lumineux à LED solaires ou éoliens

REFERENCE

- [1] Coulibaly Y. Economies d'énergie dans le bâtiment et dans l'industrie. Formation à distance L3GM2IE ; janvier 2011 :76p
- [2] Sidibé I. Eclairage public : comment ça fonctionne au Burkina Faso. L'opinion. In le faso.net ; consulté le 29/08/11. Consultable à l'url suivante : <http://www.lefaso.net/spip.php?page>
- [3] Youlou R. Analyse et maîtrise des coûts de l'éclairage public à Préfailles. Institut économie et management de Nantes. Mémoire master 2 ; 2009 :114p
- [4] Labo Chhun. Mode d'alimentation et de commande des lampes sodium haute pression en vue d'éviter les résonances acoustiques. Institut national polytechnique de Toulouse. Thèse de doctorat ; 2010.168p
- [5] www.bbeled.com consulté le 01/09/11
- [6] Catalogue BBE LED STREETLIGHT-Road lighting complete solution- ; 31p
- [7] la belle histoire des LED ; consulté le 24/08/11. Consultable en ligne à l'url suivante : <http://sciences.blog.lemonde.fr/2009/03/24/la-belle-histoire-desled/>
- [8] Encyclopédie libre [en ligne] éclairage public. Consulté le 15/08/2011
- [9] Document d'éclairage public de la ville de Ouagadougou de M .SAHANOUN SAWADOGO ancien chef d'équipe d'éclairage de la ville de Ouagadougou à la SONABEL



Annexe



Model:	<u>LED Street Light, SP90</u>
Power Consumption:	23W(For LED consumption only, total power consumption 36W)
Working Voltage:	100-240VAC, 12/ 24VDC
Luminous Flux:	2,427lm (equal to 75w HPS Lamp on 7m height pole or 150w HPS lamp on 6m Height Pole)
Certificates:	CE (UL Pending)
Special Features:	Designed to replace the traditional E40 HPS lamp in the Cobra-head directly
Applications:	Roadway Lighting, Pathway Lighting, Sidewalk Lighting, Parking Lot Lighting, Ramp Lighting, Private Road Lighting, Jogging and Bike Path Lighting, Perimeter Security Lighting, Farm & Ranch Lighting, Wildlife Area Lighting, Park Lighting, Courtyard Lighting, Campus Lighting, Boat Dock Lighting, Remote Area Lighting, Military Base Lighting, etc.



Model: [LED Street Light, LU1](#) Power Consumption: 28W(For LED consumption only, total power consumption 36W) Working Voltage: 100-240VAC, 12 or 24VDC Luminous Flux: 2,427lm (equal to 75w HPS Lamp on 7m height pole or 150w HPS lamp on 6m Height Pole) Certificates: CE, (UL Pending) Special Features: Integrated LED Street Lights with Heater and Lamp Fixture all-in-one, IP65. Applications: Roadway Lighting, Pathway Lighting, Sidewalk Lighting, Parking Lot Lighting, Ramp Lighting, Private Road Lighting, Jogging and Bike Path Lighting, Perimeter Security Lighting, Farm & Ranch Lighting, Wildlife Area Lighting, Park Lighting, Courtyard Lighting, Campus Lighting, Boat Dock Lighting, Remote Area Lighting, Military Base Lighting, etc.

Model:	<u>LED Street Light, LU2</u>
Power Consumption:	56W(For LED consumption only, total power consumption 75W)
Working Voltage:	100-240VAC, 12 or 24V/DC
Luminous Flux:	4,854lm (replace 150w or 250W HPS Lamp)
Certificates:	CE, (UL Pending)
Special Features:	Integrated LED Street Lights with Heater and Lamp Fixture all-in-one, IP65.
Midnight-dawn Dimming:	Optional
Photocell On/Off:	Optional
Applications:	Street Lighting, Roadway Lighting, Pathway Lighting, Sidewalk Lighting, Parking Lot Lighting, Ramp Lighting, Private Road Lighting, Jogging and Bike Path Lighting, Perimeter Security Lighting, Farm & Ranch Lighting, Wildlife Area Lighting, Park Lighting, Courtyard Lighting, Campus Lighting, Boat Dock Lighting, Remote Area Lighting, Military Base Lighting, etc.





Model: **LED Street Light, LU4** Power Consumption: 112W(For LED consumption only, total power consumption 150W) Working Voltage: 100-240VAC, 12 or 24V/DC Luminous Flux: 9,707lm (can replace the 250w HPS Lamp) Certificates: CE, (UL Pending) Special Features: Integrated LED Street Lights with Heater and Lamp Fixture all-in-one, IP65. Midnight-dawn Dimming: Optional Photocell On/Off: Optional Applications: Street Lighting, Roadway Lighting, Parking Lot Lighting, Ramp Lighting, Private Road Lighting, Perimeter Security Lighting, Farm & Ranch Lighting, Wildlife Area Lighting, Park Lighting, Campus Lighting, Boat Dock Lighting, Remote Area Lighting, Military Base Lighting, etc.



Model: **LED Street Light, LU6** Power Consumption: 168W(For LED consumption only, total power consumption 225W) Working Voltage: 100-240VAC Luminous Flux: 12,600lm Certificates: CE, (UL Pending) Special Features: Integrated LED Street Lights with Heater and Lamp Fixture all-in-one, IP65. Midnight-dawn Dimming: Optional Photocell On/Off: Optional Applications: Street Lighting, Roadway Lighting, Parking Lot Lighting, Ramp Lighting, Private Road Lighting, Perimeter Security Lighting, Farm & Ranch Lighting, Wildlife Area Lighting, Park Lighting, Campus Lighting, Boat Dock Lighting, Remote Area Lighting, Military Base Lighting, etc.



Model: **LED Street Light, LU8** Power Consumption:

224W(For LED consumption only, total power consumption 300W) Working Voltage: 100-240VAC Luminous Flux: 19,410lm Certificates: CE, (UL Pending) Special Features: Integrated LED Street Lights with Heater and Lamp Fixture all-in-one, IP65. Midnight-dawn Dimming: Optional Photocell On/Off: Optional Applications: Street Lighting, Roadway Lighting, Parking Lot Lighting, Ramp Lighting, Private Road Lighting, Perimeter Security Lighting, Farm & Ranch Lighting, Wildlife Area Lighting, Park Lighting, Campus Lighting, Boat Dock Lighting, Remote Area Lighting, Military Base Lighting, etc.